



⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 195 27 566 A 1

⑥ Int. Cl. 8:
G 02 B 6/35
G 02 B 26/02
G 02 B 26/08

②① Aktenzeichen: 195 27 566.7
②② Anmeldetag: 27. 7. 95
②③ Offenlegungstag: 30. 1. 97

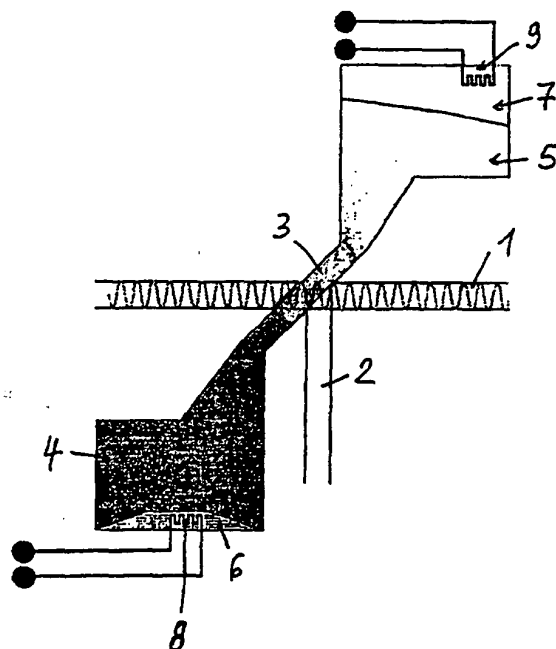
DE 195 27 566 A 1

⑦① Anmelder:
Alcatel SEL AG, 70435 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Springer, Johann, Dr.rer.nat., 73773 Aichwald, DE

⑤④ Optischer Umschalter

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen optischen Umschalter zum Umschalten des sich in einem Lichtwellenleiter fortplanzen- den Lichtes in einen anderen Lichtwellenleiter. Ankomen- de und abgehende Lichtwellenleiter sind in einer Matrix angeordnet. An den Kreuzungsstellen sind kurze Kanäle vorhanden, deren Ende jeweils mit einem Reservoir verbunden ist. In dem einen Reservoir ist beispielsweise eine Flüssigkeit vorhanden, deren Brechungsindex gleich dem Brechungsindex des Lichtwellenleiter-Kerns ist. In dem anderen Reservoir ist beispielsweise Luft enthalten, dessen Brechungsindex kleiner als der Brechungsindex des Lichtwellenleiter-Kerns ist. Mittels einer Pumpvorrichtung wird entweder das eine oder das andere Medium in den Kanal gepumpt. Entsprechend tritt dort entweder Durchgang oder Ablenkung des Lichtes auf.



DE 195 27 566 A 1

Die Erfindung betrifft einen optischen Umschalter, bei dem ein Lichtwellenleiterausgang wahlweise auf einen von zwei Lichtwellenleiterneingängen umschaltbar ist, welcher aus einem Substrat besteht, auf dem in einer Matrix Lichtwellenleiter angeordnet sind und an den Kreuzungsstellen der Lichtwellenleiter diagonale Kanäle vorgesehen sind, welche mit einer Vorrichtung gekoppelt sind, aus welcher der Kanal mit einer Flüssigkeit gefüllt werden kann.

Eine solche Vorrichtung ist bekannt (Aufsatz: "Low-Loss Intersecting Grooved Waveguides with Low Δ Delta for a Self-Holding Optical Matrix Switch" in IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technologie Part B, Vol. 18, No. 2, May 1995, Seiten 241—244).

Bei dem bekannten optischen Umschalter sind an einem Ende der diagonalen Kanäle topfförmige Vertiefungen vorgesehen. Diese Vertiefungen können aus einem in allen vier Richtungen (x, y, z) verfahrbaren und mit einer Düse versehenen Vorratsbehälter mit einer Flüssigkeit gefüllt und auch wieder entleert werden. Wenn eine dieser Vertiefungen und damit auch der entsprechende diagonale Kanal mit einer Flüssigkeit, deren Brechungsindex dem des Lichtwellenleiters entspricht, gefüllt ist, dann findet an der Kreuzungsstelle eine geradlinige, ungebrochene Weiterführung der Lichtwelle statt. Wird dagegen die Flüssigkeit aus der Vertiefung und daher auch aus dem diagonalen Kanal an der Kreuzungsstelle entfernt, dann ist dort eine Grenzfläche mit einem großen Brechungsindexsprung zum niedrigeren Brechungsindex des Mediums Luft vorhanden. Dadurch wird die Lichtwelle bei geringen Verlusten durch Totalreflektion um einen solchen Winkel abgelenkt, daß sie in einen rechtwinklig abgehenden Lichtwellenleiter ein koppelt. Eine solche Anordnung gestattet ein Umschalten der Lichtwelle an der Kreuzungsstelle, von einem Lichtwellenleiter zum anderen. Die bekannte Vorrichtung ist wegen des mit einer Steuerung für das Füllen und Entleeren des Vorratsbehälters und für seine Positionierung an einer gewünschten Kreuzungsstelle der Lichtwellenleiter sehr aufwendig.

Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht nun darin, den bekannten optischen Umschalter in der Weise zu verbessern, daß keine größeren Massen mehr bewegt werden müssen. Dieses technische Problem ist erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit folgenden Merkmalen gelöst:

- a) jedes Ende eines Kanals ist mit einem Vorratsbehälter verbunden,
- b) ein Vorratsbehälter enthält ein Medium welches den Brechungsindex des Lichtwellenleiterkerns besitzt,
- c) der andere Vorratsbehälter enthält ein Medium mit einem Brechungsindex, welcher kleiner als der Brechungsindex des Lichtwellenleiterkerns ist,
- d) in jedem Vorratsbehälter ist eine Vorrichtung enthalten, welche geeignet ist, einen Druck auf das in ihr enthaltene Medium auszuüben.

Mit einem solchen optischen Umschalter kann das Umschalten von Lichtwellen zwischen zwei Lichtwellenleitern mit einfachen elektrischen Mitteln durchgeführt werden, ohne daß Massen bewegt und Flüssigkeiten eingefüllt oder abgesaugt werden müssen. Vorteilhaft Einzelheiten der Erfindung sind in den Ansprü-

chen 2 bis 11 enthalten, welche nachstehend anhand der Fig. 1 bis 5 erläutert ist. Es zeigen:

Fig. 1a eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen optischen Umschalters in der einen Schaltstellung,

Fig. 1b der optische Umschalter gemäß Fig. 1a in der anderen Schaltstellung,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch einen optischen Umschalter gemäß Fig. 1b,

Fig. 3 einen Längsschnitt durch ein anderes Ausführungsbeispiel des optischen Umschalters,

Fig. 4 einen Längsschnitt durch ein weiteres Ausführungsbeispiel des optischen Umschalters und

Fig. 5 den Längsschnitt durch ein wieder anderes Ausführungsbeispiel des optischen Umschalters.

In Fig. 1a ist die Draufsicht auf eine Kreuzungsstelle aus den beiden Lichtwellenleitern 1 und 2 gezeigt. An der Kreuzungsstelle ist ein diagonal verlaufender Kanal 3 vorhanden, dessen beide Enden jeweils mit einem Vorratsbehälter 4 bzw. 5 in Verbindung stehen.

Die Vorratsbehälter 4, 5 sind zum größten Teil mit einer Flüssigkeit gefüllt. Die nicht mit Flüssigkeit gefüllten Räume 6 und 7 in den Vorratsbehältern 4 und 5 sollen mit Luft gefüllt sein. In den Vorratsbehältern 4 und 5 soll außerdem eine Vorrichtung vorhanden sein, welche in der Lage ist, Druck auf die Flüssigkeiten in den Vorratsbehältern auszuüben. Bei den in den Fig. 1a und 1b gezeigten Vorrichtungen zur Erhöhung des Druckes handelt es sich um die Heizeinrichtungen 8 und 9. Wenn eine solche Heizeinrichtung 8 oder 9 eingeschaltet wird, dann wird das Volumen des Mediums in den Räumen 6 oder 7 vergrößert. Fig. 1a zeigt beispielsweise einen solchen Zustand. Die Heizeinrichtung 9 ist eingeschaltet worden. Dadurch hat sich das Volumen des Mediums im Raum 7 vergrößert, wodurch die Flüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 5 in den Kanal 3 gedrückt worden ist. Da die Flüssigkeit in dem Vorratsbehälter 5 einen Brechungsindex besitzen soll, welcher mit dem Brechungsindex des Lichtwellenleiters identisch ist, laufen die Lichtwellen in dem Lichtwellenleiter 1 geradeaus weiter. Das ist die eine Schaltstellung des optischen Umschalters.

Fig. 1b verdeutlicht die andere Schaltstellung des optischen Umschalters. Bei diesem Schaltzustand hat sich, nachdem die Heizeinrichtung 8 eingeschaltet worden ist, das Volumen des Mediums im Raum 6 vergrößert, wodurch die Flüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 4 in den Kanal 3 gedrückt worden ist. Da die Flüssigkeit im Vorratsbehälter 4 einen Brechungsindex besitzen soll, welcher kleiner als der Brechungsindex des Lichtwellenleiters ist, werden die Lichtwellen aus dem Lichtwellenleiter 1 in den Lichtwellenleiter 2 umgelenkt. Das ist die andere Schaltstellung des optischen Umschalters.

Fig. 2 verdeutlicht den konstruktiven Aufbau eines optischen Umschalters gemäß den Fig. 1a und 1b. Er besteht aus einem Substrat 10, beispielsweise aus Silizium, in welchem entsprechende Gräben beispielsweise durch reaktives Ionenätzen hergestellt worden sind. Das Substrat 10 ist mit einem Deckel 11 verschlossen, welcher beispielsweise durch anodisches Bonden mit dem Substrat 10 verbunden ist. Auf diese Weise entstehen die Vorratsbehälter 4 und 5 sowie der Kanal 3. Bei den Heizeinrichtungen 8 und 9 kann es sich um Dünnschichtwiderstände aus TaN, NiCr oder einem anderen Werkstoff handeln, welche mit niederohmigen Anschlüssen versehen sind.

Fig. 3 zeigt einen gegenüber dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel veränderten konstruktiven Aufbau

des optischen Umschalters. Dieses Ausführungsbeispiel enthält ebenfalls ein Substrat 10 und einen Deckel 11. In dem Substrat 10 sind die Vorratsbehälter 4 und 5 angeordnet. Der Vorratsbehälter 4 setzt sich durch eine Öffnung 12 in einen Teil- Vorratsbehälter 13 fort, dessen obere Öffnung von einer Membran 14 verschlossen ist. Auf der Membran 14 ist ein Piezoelement 15 in der Weise angeordnet, daß es eine Kontraktion oder Expansion der Membrane herbeiführen kann. Durch eine Betätigung des Piezoelementes 15 kann das Volumen des Teilvorratsbehälters 13 und damit auch des Vorratsbehälters 4 verringert werden, wodurch die Flüssigkeit aus dem Vorratsbehälter 4 in den Kanal 3 gedrückt wird. Im Deckel 11 ist im Bereich des Vorratsbehälters 5 eine Entlüftungsöffnung 16 vorgesehen, welche den Aufbau eines Gegendrucks im Vorratsbehälter 5 verhindert. Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Vorratsbehälter 5 mit Luft gefüllt.

Das in Fig. 4 gezeigte Ausführungsbeispiel des optischen Umschalters unterscheidet sich von der Ausführungsform in Fig. 3 dadurch, daß über dem Vorratsbehälter 5 im Deckel 11 ebenfalls ein Teilvorratsbehälter 18 vorhanden ist, welcher über die Öffnung 17 mit dem Vorratsbehälter 5 in Verbindung steht. Bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel ist in dem Vorratsbehälter 5 eine Flüssigkeit vorhanden.

Das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3. Der Unterschied zwischen beiden Ausführungsbeispielen besteht darin, daß der optische Umschalter in Fig. 5 keine Entlüftungsöffnung und eine Membran 14 mit einem magnetostriktiven Antrieb 20 besitzt. Der Druck wird bei diesem Ausführungsbeispiel von der Membran 14 unmittelbar auf die Flüssigkeit ausgeübt. Das abgeschlossene Gasvolumen im Vorratsbehälter 5 erzeugt eine rückstellende Gegenkraft.

Bei dem in den Fig. 1a und 1b gezeigten Ausführungsbeispiel sollen die Heizeinrichtungen beispielsweise Dünnschichtwiderstände sein. Statt dessen kann zur Wärmeerzeugung aber auch eine Strahlungsquelle, beispielsweise ein auf das Gasvolumen gerichteter Laserstrahl verwendet werden. Die den Vorratsbehälter verschließenden membranartigen Deckel können auch aus einem Werkstoff mit Formgedächtnis bestehen, bei dem eine Formänderung durch eine Heizeinrichtung bewirkt werden kann.

Patentansprüche

1. Optischer Umschalter, bei dem ein Lichtwellenleiterausgang wahlweise auf einen von zwei Lichtwellenleiteringängen umschaltbar ist, welcher aus einem Substrat besteht, auf dem in einer Matrix Lichtwellenleiter angeordnet sind und an den Kreuzungsstellen der Lichtwellenleiter diagonale Kanäle vorgesehen sind, welche mit einer Vorrichtung gekoppelt sind, aus welcher der Kanal mit einer Flüssigkeit gefüllt werden kann, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) jedes Ende eines Kanals (3) ist mit einem Vorratsbehälter (4,5) verbunden,
- b) ein Vorratsbehälter (5) enthält ein Medium, welches den Brechungsindex des Lichtwellenleiterkerns besitzt,
- c) der andere Vorratsbehälter (4) enthält ein Medium mit einem Brechungsindex, welcher kleiner als der Brechungsindex des Lichtwellenleiterkerns ist,

d) in jedem Vorratsbehälter (4,5) ist eine Vorrichtung enthalten, welche geeignet ist, einen Druck auf das in ihr enthaltene Medium auszuüben.

2. Optischer Schalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei den Medien um nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten handelt.
3. Optischer Schalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Medium eine Flüssigkeit und das andere Medium ein Gas ist.
4. Optischer Schalter nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aus einem im Vorratsbehälter (4, 5) vorhandenen Gasvolumen besteht, in welchem ein Heizelement (8, 9) vorhanden ist.
5. Optischer Schalter nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aus einem den Vorratsbehälter (4) verschließenden membranartigen Deckel (14) besteht, welcher mit einem von einem Piezoelement (15) betätigbaren Antrieb versehen ist.
6. Optischer Schalter nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aus einem den Vorratsbehälter (4) verschließenden membranartigen Deckel (14) besteht, welcher mit einem durch Magnetostriktion betätigbaren Antrieb (20) versehen ist.
7. Optischer Schalter nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß beide Vorratsbehälter (4, 5) mit einem membranartigen Deckel (14, 19) versehen sind, welche mit einem von einem Piezoelement (15) betätigbaren Antrieb versehen sind.
8. Optischer Schalter nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß beide Vorratsbehälter (4, 5) mit einem membranartigen Deckel versehen sind, welche mit einem durch Magnetostriktion betätigbaren Antrieb versehen sind.
9. Optischer Schalter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Wärmeerzeugung eine Strahlungsquelle vorgesehen ist.
10. Optischer Schalter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle aus einem auf das Gasvolumen gerichteten Laserstrahl besteht.
11. Optischer Schalter nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung aus einem den Vorratsbehälter verschließenden membranartigen Deckel aus einem Werkstoff mit Formgedächtnis besteht, an welchem ein Heizelement angeordnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

